

**SKRIPSI**

**REKAYASA ULANG PROSES BISNIS *LOADING UNLOADING*  
BAHAN KLINKER UNTUK MEMINIMASI ANTRIAN PADA  
JEMBATAN TIMBANG PT XYZ**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**MUHAMMAD FADIL  
D071 18 1316**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****REKAYASA ULANG PROSES BISNIS *LOADING UNLOADING* BAHAN  
KLINKER UNTUK MEMINIMASI ANTRIAN PADA JEMBATAN  
TIMBANG PT XYZ**

diajukan oleh

**MUHAMMAD FADIL****D071181316**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin


Pada 13 Desember 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan


Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

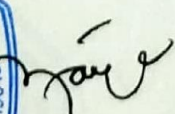


Dr. Ir. Syarifuddin M. Parenreng, S.T., M.T., IPU  
NIP. 19761021 200812 1 002



Ir. Dwi Handayani, S.T., M.T.  
NIP. 19950902 202208 6 001

Ketua Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,



Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU  
NIP. 19740621 200604 2 001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fadil  
NIM : D071181316  
Program Studi : Teknik Industri  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan berjudul

### **Rekayasa Ulang Proses Bisnis *Loading Unloading* Bahan Klinker untuk Meminimasi Antrian Pada Jembatan Timbang PT XYZ**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala risiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasikan oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari dosen pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 13 Desember 2023

Yang Menyatakan Tanda Tangan



Muhammad Fadil  
NIM. D071181316

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* segala puji dan syukur kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan karunia, rahmat, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul **“Rekayasa Ulang Proses Bisnis *Loading Unloading* Bahan Klinker untuk Meminimasi Antrian Pada Jembatan Timbang PT XYZ”**, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan, bantuan, bimbingan, dan nasihat dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Amrullah Zain dan Ibu Fatmawati Gani yang senantiasa memberikan doa, dukungan, nasihat, dan kasih sayang kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Ir. Kifayah Amar, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Ir. Syarifuddin M. Parenreng, S.T., M.T., IPU selaku Dosen Pembimbing Utama yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, doa, serta saran kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Ibu Ir. Dwi Handayani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, doa, serta saran kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Rusman, S.T., M.T., IPU selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

8. Ibu Ir. A. Besse Riyani Indah, S.T., M.T., IPM selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
9. Seluruh dosen dan staf Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
10. Kakak penulis, Kak Dian Nastiti Amrullah, Kak Aulia Yuniarti Amrullah, Kak Muh. Aden Firdaus S, dan Kak Heri Kuswanto atas segala doa, dukungan, bantuan, saran, dan nasihat yang diberikan kepada penulis.
11. Teman-teman penulis, Feaz18le, BMFeaz, KKN Gowa 5, Sejawat Bontang, dan PMMB Tonasa Batch 6 atas segala doa, dukungan, bantuan, dan nasihat kepada penulis.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang secara tulus dan ikhlas turut membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga Allah *subhanahu wa ta'ala* mengaruniakan rahmat dan ridho-Nya kepada mereka semua. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat dijadikan referensi demi pengembangan ke arah yang lebih baik. Akhir kata, semoga Allah *subhanahu wa ta'ala* senantiasa mengampuni segala kesalahan dan kekurangan yang tertuang selama penyusunan tugas akhir ini dan kita semua mendapatkan limpahan rahmat dan ridho-Nya. *Aamiin allahumma aamiin.*

Makassar, 13 Desember 2023

Penulis

## ABSTRAK

**MUHAMMAD FADIL.** *Rekayasa Ulang Proses Bisnis Loading Unloading Bahan Klinker untuk Meminimasi Antrian Pada Jembatan Timbang PT XYZ.* (dibimbing oleh Dr. Ir. Syarifuddin M. Parenreng, S.T., M.T., IPU dan Ir. Dwi Handayani, S.T., M.T).

Salah satu dari rangkaian proses bisnis yang dilakukan oleh PT XYZ sebagai produsen semen dan bahan klinker di Indonesia adalah *loading unloading* bahan klinker. Aktivitas *loading unloading* bahan klinker khususnya dalam lingkup internal yang saat ini diterapkan oleh PT XYZ belum sepenuhnya memberikan hasil yang optimal. Persoalan yang seringkali dihadapi ialah terjadinya antrian pada pelayanan jembatan timbang. Hal ini disebabkan oleh tingginya intensitas truk pengangkut bahan klinker yang ingin dilayani sedangkan jumlah pelayanan terbatas. Akibatnya *cycle time* pada proses *loading unloading* bahan klinker meningkat dan target *loading unloading* harian tidak tercapai. Untuk itu dilakukan evaluasi proses bisnis *loading unloading* bahan klinker khususnya pada jembatan timbang untuk meninjau ulang apakah fasilitas yang saat ini dimiliki oleh perusahaan dapat dirancang lebih optimal atau tidak. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan kondisi eksisting model sistem antrian, serta merancang usulan perbaikan proses bisnis *loading unloading* bahan klinker untuk meminimasi tingkat antrian, waktu tunggu, dan biaya pada jembatan timbang PT XYZ. Hasil penelitian menunjukkan sistem pelayanan pada jembatan timbang PT XYZ tergolong kedalam struktur antrian SCSP (*Single Channel-Single Phase*). Berdasarkan metode analitis, rata-rata truk yang menunggu dalam sistem untuk dilayani pada jembatan timbang sebanyak  $8,8 \approx 9$  truk, durasi pelayanan 1,53 menit/truk, tingkat pelayanan 39,21 truk/jam, tingkat kedatangan 44 truk/jam, utilitas sistem 113 %, rata-rata waktu yang dihabiskan dalam antrian 0,22 jam, total waktu proses *loading unloading* 2280 detik, efisiensi *throughput* 73,68%. Berdasarkan metode simulasi menggunakan ProModel 7.5, kondisi eksisting menunjukkan rata-rata truk yang menunggu dalam antrian sebanyak 9 truk, utilitas sistem 97,22%, dan *idle* 2,78%. Hasil simulasi pada penerapan skenario terpilih menunjukkan bahwa rata-rata truk yang menunggu dalam antrian adalah 1 truk, utilitas sistem 99,81%, % *Idle* 0,19, efisiensi *throughput* 99,23%, total waktu proses *loading unloading* 1300 detik, dan tidak ada penambahan fasilitas pelayanan sehingga tidak menimbulkan biaya.

**Kata Kunci :** *Loading Unloading*, Jembatan Timbang, Antrian, Bahan Klinker

## ABSTRACT

**MUHAMMAD FADIL.** *Reengineering the loading and unloading business process for clinker materials to minimize queues at the PT XYZ weighbridge. (supervised by Dr. Ir. Syarifuddin M. Parenreng, S.T., M.T., IPU, and Ir. Dwi Handayani, S.T., M.T).*

*One of the series of business processes carried out by PT XYZ as a producer of cement and clinker materials in Indonesia is loading and unloading clinker materials. The loading and unloading activities of clinker materials, especially internally, which are currently being implemented by PT XYZ, have not yet provided optimal results. The problem that is often faced is the queue at the weighbridge service. This is caused by the high intensity of trucks carrying clinker materials that want to be served while the number of services is limited. As a result, the cycle time in the loading and unloading process for clinker materials increases and the daily loading and unloading target is not achieved. For this reason, an evaluation of the business process for loading and unloading clinker materials, especially at weighbridges, was carried out to review whether the facilities currently owned by the company could be designed more optimally or not. This research aims to identify and describe the existing conditions of the queuing system model, as well as design proposals for improving the clinker loading and unloading business process to minimize queue levels, waiting times, and costs at the PT XYZ weighbridge. The research results show that the service system at the PT XYZ weighbridge is classified as an SCSP (Single Channel-Single Phase) queue structure. Based on the analytical method, the average number of trucks waiting in the system to be served at the weighbridge is  $8.8 \approx 9$  trucks, the service duration is 1.53 minutes/truck, the service level is 39.21 trucks/hour, the arrival rate is 44 trucks/hour, system utility 113%, average time spent in queue 0.22 hours, total loading and unloading process time 2280 seconds, throughput efficiency 73.68%. Based on the simulation method using ProModel 7.5, existing conditions show that the average number of trucks waiting in queue is 9 trucks, system utility is 97.22%, and idle is 2.78%. waiting in queue is 1 truck, system utility 99.81%, %Idle 0.19, throughput efficiency 99.23%, total loading and unloading process time 1300 seconds, and no additional service facilities so there are no costs.*

**Keywords:** *Loading Unloading, Weigh Bridge, Queue, Clinker Material*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Rekayasa Ulang Proses Bisnis.....	7
2.2 Teori Antrian .....	10
2.3 Pola Kedatangan & Pola Pelayanan.....	11
2.4 Disiplin Antrian.....	13
2.5 Struktur Dasar Model Antrian.....	14
2.6 Analisis Biaya Antrian .....	19
2.7 Sistem, Model, dan Simulasi.....	20
2.8 Penelitian Terdahulu.....	25
2.9 Posisi Penelitian.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	30



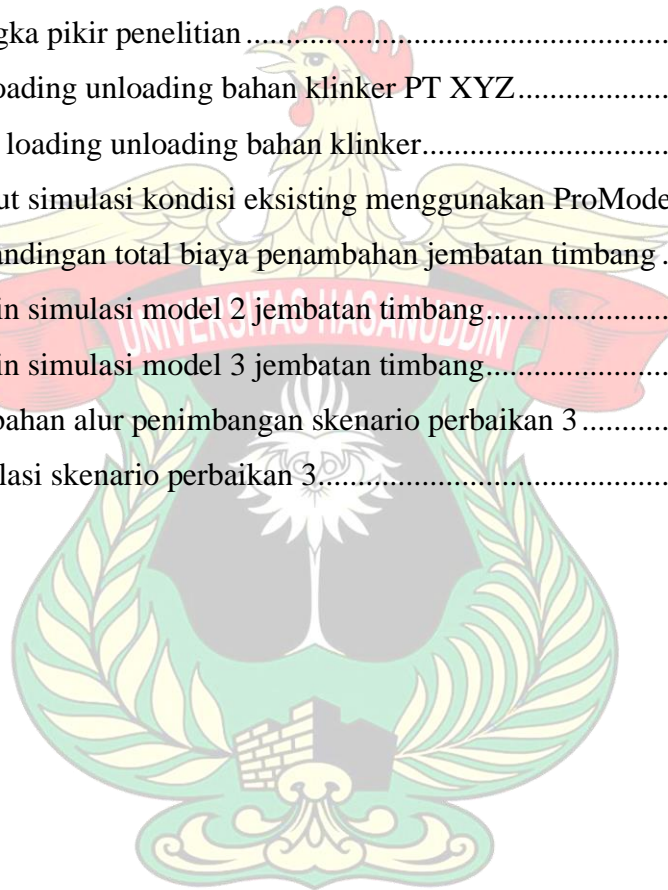
3.2	Jenis Data.....	30
3.3	Teknik Pengumpulan Data .....	30
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	31
3.5	Kerangka Pikir Penelitian.....	34
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		36
4.1	Identifikasi Kondisi Eksisting .....	36
4.2	Analisis Kondisi Eksisting .....	42
4.3	Simulasi Tingkat Pelayanan Optimal .....	57
4.4	Skenario Perbaikan Sistem.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		70
5.1	Kesimpulan.....	70
5.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA .....		72
LAMPIRAN.....		75
Lampiran 1. Form Pengukuran Cycle Time .....		75
Lampiran 2. Proses Loading Unloading Bahan Klinker .....		76
Lampiran 3. Data Observasi.....		77

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Simbol standar ASME .....	9
Tabel 2 Penelitian terdahulu.....	25
Tabel 3 Posisi penelitian .....	28
Tabel 4 Peta proses standar ASME proses loading unloading bahan klinker .....	41
Tabel 5 Uji kecukupan data.....	43
Tabel 6 Data kedatangan.....	45
Tabel 7 Output uji distribusi data kedatangan.....	45
Tabel 8 Data pelayanan.....	46
Tabel 9 Output uji distribusi data pelayanan.....	46
Tabel 10 Data antrian truk jembatan timbang unit 4 PT XYZ.....	47
Tabel 11 Hasil analisis kinerja antrian jembatan timbang unit 4 PT XYZ .....	49
Tabel 12 Output simulasi kondisi eksisting menggunakan ProModel 7.5.....	50
Tabel 13 Hasil analisis kinerja antrian optimal.....	55
Tabel 14 Output simulasi model 2 jembatan timbang .....	58
Tabel 15 Output simulasi model 3 jembatan timbang .....	59
Tabel 16 Hasil simulasi model 2 jembatan timbang selama 30 hari.....	60
Tabel 17 Tahapan proses loading unloading skenario perbaikan 1 .....	60
Tabel 18 Simulasi skenario perbaikan 2 .....	63
Tabel 19 Tahapn proses loading unloading skenario perbaikan 2 .....	64
Tabel 20 Hasil simulasi skenario perbaikan 3.....	66
Tabel 21 Tahapan detail skenario perbaikan 3.....	67
Tabel 22 Rekap perbandingan antara masing-masing skenario perbaikan .....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Single channel-single phase .....	14
Gambar 2 Single channel-multiple phase .....	15
Gambar 3 Multiple channel-single phase.....	17
Gambar 4 Multiple channel-multiple phase .....	17
Gambar 5 Cara mempelajari sistem .....	21
Gambar 6 Diagram alir penelitian.....	33
Gambar 7 Kerangka pikir penelitian .....	34
Gambar 8 Alur loading unloading bahan klinker PT XYZ.....	36
Gambar 9 Proses loading unloading bahan klinker.....	39
Gambar 10 Output simulasi kondisi eksisting menggunakan ProModel 7.5 .....	50
Gambar 11 Perbandingan total biaya penambahan jembatan timbang .....	57
Gambar 12 Desain simulasi model 2 jembatan timbang.....	58
Gambar 13 Desain simulasi model 3 jembatan timbang.....	58
Gambar 14 Perubahan alur penimbangan skenario perbaikan 3 .....	65
Gambar 15 Simulasi skenario perbaikan 3.....	66



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

PT XYZ merupakan salah satu produsen semen di Indonesia yang mampu memproduksi sekitar lima juta ton semen per tahunnya. Produk yang dihasilkan oleh PT XYZ terdiri atas dua jenis semen yang berbeda yaitu OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan PCC (*Portland Composite Cement*). Selain memproduksi semen, PT XYZ juga memproduksi klinker sebagai bahan baku utama pembuatan semen. Klinker merupakan material hidraulik yang terbentuk dari serangkaian proses pengolahan bahan baku (batu kapur, tanah liat, silika, dan bahan korektif lainnya) yang menghasilkan karakteristik khusus sebagai bahan utama dalam pembuatan produk semen. Bentuk fisik klinker berupa butiran-butiran atau nodul dengan diameter 3-25 mm yang dihasilkan dari proses pembakaran di *Kiln*. Dalam kondisi operasi normal, PT XYZ mampu memproduksi sekitar 16.000 ton klinker per hari (PT XYZ, 2023).

Bahan klinker sebagai *critical material* menjadi perhatian khusus perusahaan untuk terus dijaga kualitas dan kuantitasnya mulai dari awal produksi hingga proses distribusi. Salah satu aktivitas yang menjadi perhatian perusahaan adalah pendistribusian bahan klinker sebagai mutasi internal. Mutasi internal merupakan proses perpindahan atau transfer bahan baku dari satu bagian atau departemen ke bagian atau departemen lain di dalam perusahaan yang sama. Mutasi internal ini biasanya dilakukan dalam rangka memenuhi kebutuhan produksi atau operasional dari bagian atau departemen yang membutuhkan bahan baku tersebut. Contoh dari mutasi internal bahan baku adalah perpindahan bahan baku dari gudang bahan baku ke departemen produksi untuk digunakan dalam proses produksi. Mutasi internal bahan baku dapat dilakukan dengan berbagai alasan, seperti mengoptimalkan penggunaan stok bahan baku, mempercepat proses produksi, atau memenuhi kebutuhan khusus dari bagian atau departemen tertentu di dalam perusahaan.

PT XYZ melakukan proses mutasi internal bahan klinker dari lokasi muat yaitu LBS (*Low Base Silo*) klinker unit 4 dan unit 5 menuju lokasi bongkar seperti *Cement Mill 2/3*, *hopper bin* unit 4, *hopper bin* unit 5, dan gudang *buffer*. Namun

saat ini, proses mutasi internal bahan klinker PT XYZ difokuskan untuk memenuhi kebutuhan klinker pada *Cement Mill 2/3* dan gudang *buffer*. Realisasi mutasi bahan klinker yang dilakukan oleh PT XYZ selama periode 2022 menuju gudang *buffer* sebesar 11.329 ton dan *Cement Mill 2/3* sebesar 55.399 ton. Sebagai perbandingan, sampai dengan bulan Februari tahun 2023, mutasi internal bahan klinker telah menyentuh angka 7.510 ton menuju gudang *buffer* dan 49.458 ton menuju *Cement Mill 2/3*. Data ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan aktivitas mutasi internal yang begitu signifikan pada dua bulan pertama di periode 2023. Aktivitas ini direncanakan berlangsung secara intens selama periode Januari hingga Desember 2023 untuk memenuhi kebutuhan bahan klinker sebagai bahan baku utama pembuatan semen.

Aktivitas mutasi internal bahan klinker baik dari gudang ke gudang atau dari gudang ke unit selanjutnya memerlukan proses distribusi yang cepat, tepat, dan akurat. Hal ini guna meminimalisir gangguan selama perpindahan bahan, mencapai target mutasi internal harian, efisiensi waktu kerja, serta menghindari pemborosan biaya, energi, maupun sumber daya. Namun, aktivitas mutasi internal yang saat ini diterapkan oleh PT XYZ belum sepenuhnya memberikan hasil yang optimal. Persoalan yang seringkali dihadapi ialah terjadinya antrian panjang pada pelayanan jembatan timbang. Antrian merupakan suatu kondisi dimana adanya keterlambatan pelayanan suatu objek akibat adanya antrian karena pelayanan mengalami kesibukan (Yamit, 2004). Persoalan antrian ini disebabkan oleh tingginya intensitas armada bahan klinker yang ingin dilayani sedangkan jumlah pelayanan terbatas. Berdasarkan observasi penulis, sistem pelayanan armada bahan klinker yang digunakan pada jembatan timbang PT XYZ tergolong kedalam struktur antrian SCSP (*Single Channel-Single Phase*) yang berarti bahwa hanya terdapat satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan (*Single Channel*) dan hanya ada satu stasiun pelayanan sehingga yang telah menerima pelayanan dapat langsung keluar dari sistem antrian (*Single Phase*). Akibat yang ditimbulkan atas persoalan ini yakni meningkatnya *cycle time* pada *flow process* bisnis sehingga target mutasi internal bahan klinker harian tidak tercapai. Menurut data yang diperoleh, satu siklus mutasi internal memerlukan waktu sekitar 30-40 menit, dimana 30% dari waktu tersebut digunakan hanya untuk mengantri di jembatan timbang. Adapun rata-rata waktu

yang diperlukan oleh satu armada untuk mencapai target mutasi internal harian yakni selama  $\pm 27$  jam dan rata-rata realisasi mutasi bahan klinker harian di PT XYZ sebesar 985,52 ton/armada, 35% lebih sedikit dari target rata-rata seharusnya yakni sebesar 1.515,43 ton/armada (Unit of Production Planning & Evaluation, 2023).

Permasalahan antrian dapat diselesaikan melalui suatu pendekatan, metode mitigasi, atau perbaikan prosedur sesuai kebijakan perusahaan. Pada umumnya, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi atau mencegah timbulnya antrian. Namun, dalam beberapa kasus pengadaan fasilitas pelayanan tambahan tidak dapat dilakukan akibat adanya kebijakan biaya yang dapat menimbulkan pengurangan keuntungan sampai di bawah tingkat toleransi yang tidak dapat diterima (Ayu, 2003). Guna menghindari timbulnya biaya yang besar maka diperlukan sebuah pendekatan untuk meninjau ulang apakah fasilitas yang saat ini dimiliki oleh perusahaan dapat dirancang lebih optimal atau tidak. Proses perancangan ulang ini yang kemudian kita kenal dengan metode rekayasa ulang (*reengineering*) yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan fleksibilitas proses bisnis, serta mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu. Dengan melakukan rekayasa ulang, perusahaan dapat menghasilkan rancangan proses bisnis yang baru serta memberikan dampak yang cukup besar pada efektifitas proses *loading unloading* bahan klinker. Selain itu, perkembangan teknologi saat ini juga memungkinkan masalah antrian dapat disimulasikan melalui bantuan komputer sebelum perencanaan perbaikan diimplementasikan. Pemilihan metode simulasi dimaksudkan untuk memberikan variasi ide alternatif rancangan tanpa menimbulkan biaya tambahan, efisiensi waktu serta meminimalkan risiko kegagalan dalam penerapan perbaikan sistem.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan suatu perancangan ulang proses bisnis yang dapat digunakan sebagai dasar acuan dan rekomendasi pengambilan keputusan bagi PT XYZ untuk mencapai proses bisnis yang optimal. Oleh karena itu dilakukan penelitian berjudul “**REKAYASA ULANG PROSES BISNIS *LOADING UNLOADING* BAHAN KLINKER UNTUK MEMINIMASI ANTRIAN PADA JEMBATAN TIMBANG PT XYZ**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana menganalisis model sistem antrian *loading unloading* bahan klinker pada jembatan timbang PT XYZ?
- b. Bagaimana alternatif perbaikan proses bisnis *loading unloading* bahan klinker di PT XYZ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengidentifikasi kondisi eksisting model sistem antrian *loading unloading* bahan klinker pada jembatan timbang PT XYZ.
- b. Mendeskripsikan hasil analisis model sistem antrian *loading unloading* bahan klinker pada jembatan timbang PT XYZ.
- c. Merancang usulan perbaikan proses bisnis *loading unloading* bahan klinker untuk meminimasi tingkat antrian, waktu tunggu, dan biaya pada jembatan timbang PT XYZ.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

- a. Bagi Perguruan Tinggi  
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi rujukan dan sebagai acuan perbandingan untuk penelitian selanjutnya.
- b. Bagi Perusahaan  
Memberikan masukan dan pertimbangan bagi PT XYZ mengenai perbaikan SOP proses bisnis *loading unloading* mutasi internal untuk menghindari antrian pada jembatan timbang PT XYZ.
- c. Bagi penulis  
Memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Strata 1 pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin serta

menambah wawasan dan keterampilan untuk meningkatkan kompetensi serta kecerdasan intelektual.

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup yang ditentukan oleh penulis agar masalah yang akan diteliti tidak meluas atau menyimpang terlalu jauh dari tujuan awal peneliti yang telah ditentukan sebelumnya, adapun batasan masalahnya adalah:

- a. Model antrian yang dianalisis dalam penelitian ini adalah model *Single Channel-Single Phase*.
- b. Model pelayanan yang digunakan adalah yang datang pertama yang dilayani terlebih dahulu atau *First Come-First Served (FCFS)*.
- c. Truk yang diamati adalah truk yang hanya melakukan proses timbang kosong di jembatan timbang unit 4 PT XYZ pada tanggal 22 Februari 2023.
- d. Pengambilan data dilakukan dalam cakupan area mutasi internal PT XYZ.
- e. *Focus area* yang akan dianalisis model sistem antriannya bertempat di jembatan timbang unit 4 PT XYZ.
- f. Pemecahan masalah dibatasi hanya sampai memberikan usulan yang dapat diimplementasikan oleh perusahaan.

### 1.6 Sistematika Penelitian

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dengan sistematika penelitian sebagai berikut:

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini merupakan bab pertama tugas akhir yang isinya mengantar pembaca tentang apa, mengapa dan untuk apa suatu topik diteliti. Dengan demikian, bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup, dan diakhiri dengan sistematika penulisan



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi referensi terbaru, relevan, asli dan menguraikan teori umum yang mendasar masalah yang diteliti. Tinjauan pustaka menimbulkan gagasan penelitian yang dilakukan. Tinjauan pustaka menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran/konsep yang akan digunakan.

## BAB III METODE PENELITIAN

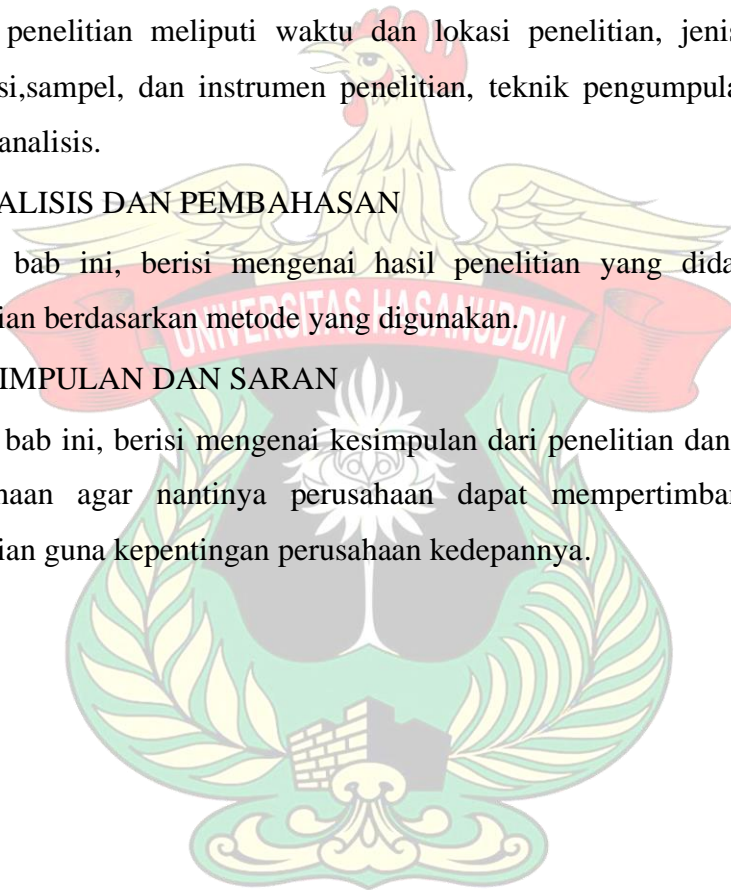
Pada bab ini diuraikan mengenai metodologi yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian meliputi waktu dan lokasi penelitian, jenis penelitian, populasi, sampel, dan instrumen penelitian, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis.

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, berisi mengenai hasil penelitian yang didapatkan dari penelitian berdasarkan metode yang digunakan.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini, berisi mengenai kesimpulan dari penelitian dan saran untuk perusahaan agar nantinya perusahaan dapat mempertimbangkan hasil penelitian guna kepentingan perusahaan kedepannya.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Rekayasa Ulang Proses Bisnis

Rekayasa ulang proses bisnis adalah suatu metode untuk menganalisis, mendesain, mengoptimalkan, dan mengimplementasikan proses bisnis dalam suatu organisasi. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan fleksibilitas proses bisnis, serta mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu. Menurut Hammer dan Champy (2001), rekayasa ulang proses bisnis adalah suatu proses pemikiran ulang yang mendasar disertai desain ulang sistem bisnis secara radikal untuk mencapai peningkatan signifikan melalui pengukuran kinerja secara cepat dan fundamental, mencakup elemen biaya, kualitas, layanan, dan kecepatan proses. Proses-proses yang dianalisis dalam rekayasa bisnis meliputi proses operasional, proses manajemen, proses pembuatan keputusan, dan proses pengelolaan sumber daya.

Menurut Manganell dan Klein dalam Susanti (2009) "*Reengineering is the rapid and radical redesign of strategic, value-added business process and the systems, policies and organizational structures that support them to optimize the work flows and productivity in an organization*". Definisi ini secara garis besar memuat empat kata kunci, yaitu:

- a. *Process*, merupakan serangkaian aktivitas untuk mengubah *input* menjadi *output*. Terdapat tiga jenis aktivitas dalam proses, yaitu:
  - 1) *Value adding activities* → yakni aktivitas untuk menghasilkan sebuah nilai tambah pada alur proses bisnis.
  - 2) *Hand off activities* → yakni aktivitas untuk memindahkan aliran kerja melalui hambatan-hambatan fungsional atau organisasional.
  - 3) *Control activities* → yakni aktivitas yang tercipta untuk mengendalikan aktivitas *hand of activities*.
- b. *Strategic and value added*, dimana target utama dari rekayasa ulang proses bisnis adalah strategi dan nilai tambah.

- c. *Optimization of work flow and productivity in organization*, yakni meningkatkan produktivitas, pendapatan dan keuntungan, tingkat *return* investasi dan asset, dan perluasan pangsa pasar.
- d. *Rapid, Radical, Redesign*, artinya rekayasa ulang dilakukan secara cepat dan radikal untuk menghilangkan aktivitas yang tidak perlu atau menambah nilai.

Metodologi rekayasa ulang proses bisnis menurut Manganelli dan Klein (1994) dilakukan melalui lima tahapan, yakni: Tahap Persiapan, Tahap Identifikasi, Penentuan Visi, Tahap Pemecahan (Rancangan Teknis, Rancangan Sosial), dan Tahap Transformasi. Adapun menurut Peppard & Rowland (1995) dalam Susanti (2009) metodologi rekayasa ulang proses bisnis dilakukan melalui dua jenis pendekatan diantaranya:

- a. Pendekatan *reengineering* secara sistematis

Pendekatan ini menekankan pada pengeliminasian semua kegiatan yang tak memberi nilai tambah dan merampingkan kegiatan yang memiliki nilai tambah. Pendekatan ini dikenal dengan istilah ESIA (*Eliminate, Simplify, Integrate, Automate*).

- 1) *Eliminate* (Mengeliminasi)

Setiap proses yang tidak bernilai tambah dalam proses tersebut harus dieliminasi. Kegiatan tersebut seperti: *overproduction*, waktu tunggu, pemrosesan, persediaan, transportasi, cacat/kerusakan, duplikasi, dan sebagainya.

- 2) *Simplify* (Menyederhanakan)

Setelah mengeliminasi sebanyak mungkin proses yang tidak bernilai tambah, proses yang tersisa kemudian disederhanakan. Proses-proses yang kompleks dapat diidentifikasi melalui bantuan formulir, jalur komunikasi, penggunaan teknologi antar departemen, dan sebagainya.

- 3) *Integrate* (Mengintegrasikan)

Proses yang telah disederhanakan selanjutnya harus diintegrasikan guna memperoleh aliran proses pelayanan yang lancar dalam pemenuhan kebutuhan pelanggan.

#### 4) *Automate* (Mengotomatisasi)

Tahap terakhir namun tidak kalah pentingnya adalah pemanfaatan teknologi otomatisasi guna mempercepat dan memberikan pelayanan yang bermutu kepada pelanggan.

#### b. Pendekatan kertas bersih (*clean sheet approach*)







Pendekatan ini menekankan bahwa perancangan proses-proses baru dimulai kembali dari permulaan, artinya perusahaan secara fundamental memikirkan kembali cara untuk menyampaikan produk atau jasa layaknya semua baru dimulai (*clean sheet*).

Pada rekayasa ulang proses bisnis, salah satu metode yang penting untuk dilakukan adalah uji efisiensi *throughput*. Uji efisiensi *throughput* merupakan metode uji untuk mengukur kinerja proses pelayanan secara menyeluruh. Uji ini digunakan untuk menghitung proses bisnis pada suatu organisasi dari segi waktu pelayanan. Pada uji efisiensi *throughput* akan dipetakan menggunakan standar *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) guna menjalankan setiap proses bisnis pada suatu organisasi. Rumus uji efisiensi *throughput* dapat dilihat pada Persamaan 1 (Rozaqi, Suharso, & Nuryasin, 2020):

$$\text{efisiensi throughput} = \frac{\text{waktu isi pekerjaan (work content time)}}{\text{total waktu dalam sistem}} \times 100\% \quad (1)$$

Pengujian efisiensi *throughput* dilakukan berdasarkan hasil perhitungan waktu kinerja proses bisnis menggunakan standar ASME untuk selanjutnya dilakukan perbandingan nilai hasil efisiensi *throughput* antara hasil efisiensi proses bisnis awal dengan hasil rekayasa ulang proses bisnis yang baru. Konsep standar ASME memiliki beberapa simbol dan fungsinya sebagaimana yang digambarkan pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Simbol standar ASME

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
	<b>Operasi</b> : berfungsi untuk menjelaskan suatu operasi yang terjadi akibat perubahan fisik maupun kimiawi		<b>Pemeriksaan</b> : berfungsi untuk memeriksa baik dari segi kualitas maupun kuantitas
	<b>Aktivitas Gabungan</b> : suatu proses yang terjadi apabila pemeriksaan dan operasi dilakukan secara bersamaan		<b>Transportasi</b> : yaitu kegiatan transportasi yang terjadi apabila mengalami perpindahan tempat
	<b>Delay</b> : suatu proses yang menjelaskan waktu tunggu		<b>Penyimpanan</b> : suatu proses yang menjelaskan penyimpanan dalam waktu lama

## 2.2 Teori Antrian

Teori antrian dikemukakan dan dikembangkan oleh AK. Erlang, seorang insinyur Denmark, pada tahun 1910. Antrian menunjukkan bahwa pelanggan (baik itu barang atau orang) akan dilayani berdasarkan yang terlebih dahulu datang atau siapa yang cepat dia yang dapat. Pelanggan dapat datang sekaligus atau secara acak dalam, dengan jarak waktu kedatangan yang berbeda. Situasi kedua inilah yang biasa terjadi dan banyak dijumpai, misalnya ketika pelanggan memesan makanan di warung makanan, membayar tol, menarik atau menyetor uang di bank, dll.

Antrian adalah kegiatan dimana baik orang maupun barang berada dalam suatu barisan tunggu. Fenomena antrian menurut Nurfitri dkk (2017) adalah peristiwa dimana setiap pelanggan menunggu untuk menerima pelayanan dari suatu layanan. Menurut Kakiy (2004) proses antrian adalah suatu proses dimana pelanggan tiba di suatu fasilitas pelayanan, menunggu dalam baris antrian jika belum dapat dilayani, dilayani, dan akhirnya meninggalkan fasilitas tersebut jika telah dilayani.

Sistem antrian adalah suatu himpunan pelanggan, pelayan, dan aturan yang mengatur pelayanan kepada pelanggan. Proses antrian dimulai ketika pelanggan yang membutuhkan pelayanan mulai berdatangan. Mereka berasal dari suatu populasi yang disebut sebagai "Sumber Masukan". Banyaknya populasi dalam proses antrian dibedakan ke dalam dua kelompok, yaitu populasi terbatas (*finite*) dan populasi tak terbatas (*infinite*). Populasi terbatas dapat ditemukan pada suatu perusahaan yang mempunyai sejumlah mesin yang memerlukan perawatan atau perbaikan pada periode tertentu. Sedangkan populasi tak terbatas merupakan pelanggan yang tidak terhingga, contohnya pada pelayanan supermarket, yang harus dilayani setiap hari dan datang secara acak sehingga tidak dapat ditentukan jumlahnya (Kakiy, 2004).

Analisis sistem antrian perlu dilakukan karena memiliki beberapa tujuan diantaranya adalah untuk merancang fasilitas pelayanan agar dapat mengatasi permintaan pelayanan secara efisien. Selain itu, analisis sistem antrian juga bertujuan untuk meminimalkan total biaya yang bersumber dari dua jenis biaya, yaitu biaya langsung akibat penyediaan fasilitas pelayanan dan biaya tidak langsung

akibat pelanggan menunggu untuk dilayani. Perusahaan akan mengeluarkan investasi modal yang berlebihan apabila memiliki fasilitas pelayanan lebih dari jumlah optimal. Sebaliknya, apabila jumlah fasilitas layanan kurang dari optimal maka akan berdampak pada tertundanya pelayanan kepada pelanggan (Siregar, 2021).

## 2.3 Pola Kedatangan & Pola Pelayanan

### 2.3.1 Pola Kedatangan

Pola kedatangan adalah cara sampel (orang ataupun barang) dari populasi memasuki sistem. Menurut Kakiay (2004), pola kedatangan para pelanggan biasanya diperhitungkan melalui waktu antar kedatangan, yaitu waktu antara kedatangan dua pelanggan yang berurutan pada suatu fasilitas pelayanan. Pola ini dapat bergantung pada jumlah pelanggan yang berada dalam sistem ataupun tidak bergantung pada keadaan sistem tersebut (konstan dan acak/random). Menurut Kakiay (2004), rumus untuk pola kedatangan adalah sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\text{jumlah unit yang datang}}{\text{periode waktu}} \quad (2)$$

Pada umumnya, pola kedatangan pelanggan mengikuti distribusi Poisson, namun kadangkala beberapa kasus proses kedatangan pelanggan tidak mengikuti distribusi Poisson oleh karenanya perlu dilakukan uji kesesuaian atau uji distribusi kedatangan. Apabila pola kedatangan diasumsikan berdistribusi Poisson artinya banyaknya pelanggan yang datang untuk memperoleh layanan sampai pada waktu tertentu bersifat acak dan kedatangan pelanggan antar interval waktu tidak saling memengaruhi. Interval waktu tersebut bisa berupa menit, hari, minggu, bulan, ataupun tahun. Probabilitas terjadinya  $x$  kedatangan dalam distribusi Poisson dapat dilihat pada Persamaan 3 (Aminuddin, 2005).

$$P(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, \text{ untuk } x = 0, 1, 2, 3, 4, \dots \quad (3)$$

dengan:

$\lambda$  = rata-rata jumlah terjadinya  $x$  per interval waktu

$x$  = variabel acak diskrit yang menyatakan banyaknya kedatangan per interval waktu

$e = 2,7183$  (logaritma dasar)

### 2.3.2 Pola Pelayanan

Pola pelayanan adalah kecepatan (jumlah) pelanggan yang dilayani tiap unit per satuan waktu atau sebagai satuan waktu yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan. Menurut Kakiay (2004), pola pelayanan ditentukan oleh waktu pelayanan, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan pada fasilitas pelayanan. Besaran ini dapat bergantung pada jumlah pelanggan yang telah berada di dalam fasilitas pelayanan ataupun tidak bergantung pada keadaan tersebut. Pelayanan dapat dilakukan dengan satu atau lebih fasilitas pelayanan yang masing-masing dapat mempunyai satu atau lebih saluran atau tempat pelayanan yang disebut dengan *servers*. Apabila terdapat lebih dari satu fasilitas pelayanan maka pelanggan dapat menerima pelayanan melalui suatu urutan tertentu atau fase tertentu. Menurut Kakiay (2004), rumus untuk pola pelayanan adalah sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\text{jumlah unit yang dilayani}}{\text{periode waktu}} \quad (4)$$

Pola pelayanan berkaitan dengan pola kedatangan pelanggan. Menurut Aminuddin (2005), jika pola kedatangan mengikuti distribusi Poisson maka waktu antar kedatangan atau *interval time* adalah acak dan mengikuti distribusi eksponensial. Namun kadangkala, beberapa kasus pola pelayanan tidak mengikuti distribusi eksponensial sehingga perlu dilakukan uji distribusi waktu pelayanan. Apabila diasumsikan suatu pola pelayanan mengikuti distribusi eksponensial artinya distribusi tersebut memiliki variabel berdiri bebas tanpa memori masa lalu (waktu untuk melayani pelanggan tidak bergantung pada lama waktu yang telah dihabiskan untuk melayani pendatang sebelumnya, dan tidak bergantung pada jumlah pelanggan yang menunggu untuk dilayani. Rumus distribusi eksponensial dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$P(t) = \mu e^{-\mu t}, \text{ untuk } t = 0, 1, 2, \dots, \lambda > 0 \quad (5)$$

dengan:

$t$  = waktu pelayanan (variabel acak kontinu)

$\mu$  = rata-rata tingkat pelayanan (unit pelayanan per unit waktu)

$e = 2,7183$  (logaritma dasar)

## 2.4 Disiplin Antrian

Disiplin antrian menunjukkan pedoman keputusan yang digunakan untuk menyeleksi individu-individu yang memasuki antrian untuk dilayani terlebih dahulu (prioritas). Menurut Kakiay (2004), disiplin antrian adalah aturan dimana para pelanggan dilayani, atau disiplin antrian yang memuat urutan para pelanggan menerima layanan. Disiplin antrian terdiri dari:

- a. *First In First Out* (FIFO) atau *First Come First Served* (FCFS), pertama datang pertama dilayani.

FIFO atau FCFS merupakan disiplin antrian yang sering digunakan, dimana para pelanggan yang pertama kali datang maka ia yang akan dilayani pertama kali atau dilayani terlebih dahulu. Antrian ini banyak digunakan antara lain di bank, bioskop, antrian loket penjualan karcis kereta api, dan lain-lain.

- b. *Last Come First Server* (LCFS) atau *Last In First Out* (LIFO), yang terakhir masuk, pertama keluar

LIFO atau LCFS merupakan disiplin antrian yang mana pelanggan yang bahan terakhir datang adalah yang dilayani pertama. Misalnya seorang operator mesin menyusun bagian-bagian yang sedang di proses di samping mesin sedemikian rupa, sehingga bagian bahan terakhir diletakkan paling atas dan akan menjadi yang pertama dipilih. Contoh lain adalah pada sistem bongkar muat barang di dalam truk, dimana barang yang masuk bahan terakhir justru akan keluar terlebih dahulu.

- c. *Serve In Random Order* (SIRO), pelayanan dilakukan secara acak

SIRO merupakan disiplin antrian dimana pelanggan mungkin akan dilayani secara acak (random), tidak peduli pada siapa yang lebih dulu tiba untuk dilayani. Misalnya operator mesin mengambil salah satu bagian yang dikumpulkan dalam sebuah kotak secara acak.



- d. Berdasarkan jadwal atau pelayanan berdasarkan prioritas (PRI)

PRI maksudnya adalah pelanggan akan dilayani sesuai dengan perjanjian yang telah dilakukan sebelumnya. Misalnya pasien-pasien pada praktik dokter umum, maka akan diambil berdasarkan jadwal yang telah direncanakan tanpa tergantung oleh saat kedatangan mereka di tempat tersebut. Contoh lain adalah dalam suatu pesta di mana tamu-tamu yang dikategorikan VIP akan dilayani lebih dahulu.

## 2.5 Struktur Dasar Model Antrian

Dalam sistem antrian terdapat beberapa struktur dasar model antrian yang digolongkan kedalam empat jenis, yaitu;

- a. *Single Channel-Single Phase*



Gambar 1 *Single channel-single phase* (Kakiay, 2004)

Gambar 1 merupakan model antrian *Single Channel-Single Phase* (satu antrian satu tahap pelayanan) dimana pada suatu sistem antrian hanya ada satu proses/tahap pelayanan dan satu jalur untuk memasuki sistem pelayanan tersebut. Sistem ini memiliki satu jalur masuk dan satu jalur keluar antrian. Setelah menerima pelayanan, maka individu akan keluar dari sistem. Contohnya pada praktik dokter gigi, *barbershop*, dan sebagainya. Model ini disebut juga dengan model antrian jalur tunggal dengan kedatangan berdistribusi Poisson dan waktu pelayanan eksponensial (M/M/1). Dalam kondisi ini, kedatangan pelanggan membentuk jalur tunggal untuk dilayani oleh stasiun tunggal. Rumus antrian model ini adalah:

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (6)$$

dengan:

$\lambda$  = jumlah kedatangan rata-rata per satuan waktu

$\mu$  = rata-rata tingkat pelayanan (unit pelayanan per unit waktu)

$L_s$  = jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem

- 1) Jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan dalam sistem (waktu menunggu ditambah waktu pelayanan)

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (7)$$

- 2) Jumlah rata-rata yang menunggu dalam antrian

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (8)$$

- 3) Waktu rata-rata yang dihabiskan untuk menunggu dalam antrian

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (9)$$

- 4) Faktor utilisasi sistem

$$p = \frac{\lambda}{\mu} \quad (10)$$

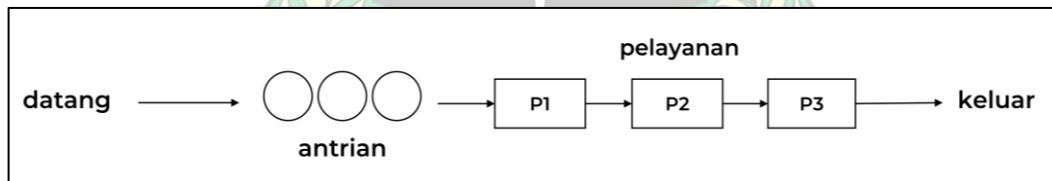
- 5) Probabilitas terdapat 0 unit dalam sistem (yaitu unit pelayanan kosong)

$$p_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad (11)$$

- 6) Probabilitas terdapat lebih dari sejumlah k unit dalam sistem, dimana n adalah jumlah unit dalam sistem

$$p_{n>k} = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k+1} \quad (12)$$

#### b. Single Channel-Multiple Phase



Gambar 2 Single channel-multiple phase (Kakiay, 2004)

Gambar 2 merupakan model antrian *Single Channel-Multiple Phase* yakni model antrian dengan satu jalur pelayanan dan terdapat dua atau lebih tahap pelayanan yang dilakukan secara berurutan. Pelanggan akan melalui beberapa pelayanan hingga sempurna untuk kemudian dapat meninggalkan area pelayanan. Contoh penerapan model antrian ini yakni pada proses pencucian mobil otomatis, pengecatan dan pemasangan rangka mobil, proses pembuatan makanan kaleng, dan sebagainya.

Model ini disebut juga dengan model antrian jalur berganda (M/M/S). Sistem ini memiliki dua atau lebih jalur stasiun pelayanan yang tersedia untuk menangani

pelanggan yang datang. Asumsi dalam sistem ini adalah kedatangan mengikuti distribusi poisson, waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial negatif, pelayanan dilakukan secara *first-come, first served*, dan semua stasiun pelayanan diasumsikan memiliki tingkat pelayanan yang sama. Rumus antrian model ini adalah:

- 1) Probabilitas terdapat 0 orang dalam sistem (tidak adanya pelanggan dalam sistem)

$$p_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{M-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right] + \frac{1}{M!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M \frac{M\mu}{M\lambda - \mu}} \quad (13)$$

- 2) Jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem

$$L = \frac{\lambda \mu \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^M}{(M-1)!(M\mu - \lambda)^2} p_0 + \frac{\lambda}{\mu} \quad (14)$$

- 3) Waktu rata-rata yang dihabiskan seorang pelanggan dalam antrian atau sedang dilayani (dalam sistem)

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} \quad (15)$$

- 4) Jumlah orang atau unit rata-rata yang menunggu dalam antrian

$$L_q = L_s \frac{\lambda}{\mu} \quad (16)$$

- 5) Waktu rata-rata yang dihabiskan oleh seorang pelanggan atau unit untuk menunggu dalam antrian

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} \quad (17)$$

dengan:

M = jumlah jalur yang terbuka

$\lambda$  = jumlah kedatangan rata-rata per satuan waktu

$\mu$  = jumlah orang dilayani per satuan waktu

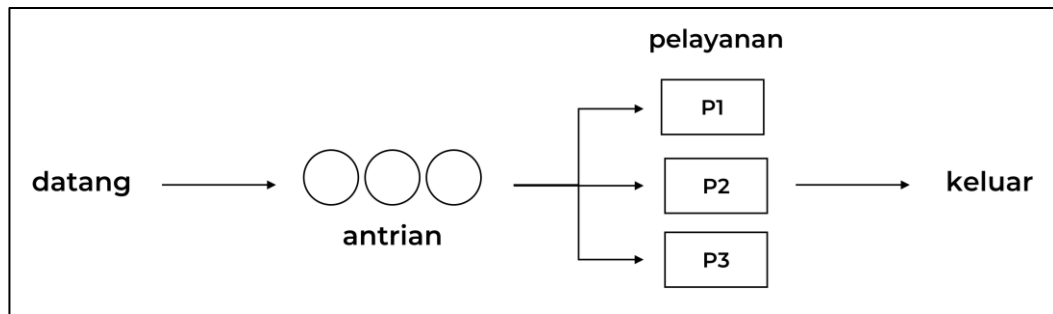
n = jumlah pelanggan

$p_0$  = probabilitas terdapat 0 orang dalam sistem

$L_s$  = jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem

$L_q$  = jumlah pelanggan rata-rata yang menunggu dalam antrian

c. *Multiple Channel-Single Phase*



Gambar 3 *Multiple channel-single phase* (Kakiy, 2004)

Gambar 3 merupakan model antrian *Multiple Channel-Single Phase* yakni model antrian dengan lebih dari satu jalur antrian dan hanya terdapat satu tahap pelayanan. Pelanggan dapat melalui beberapa jalur pelayanan hingga proses pelayanan tersebut selesai untuk kemudian dapat meninggalkan area pelayanan. Contoh penerapan model antrian ini yakni pada pelayanan teller bank, *barbershop*, dan pembayaran karcis di beberapa loket. Terdapat beberapa rumus yang digunakan untuk menghitung antrian dalam model ini. Rumus tersebut sebagai berikut:

- 1) Panjang antrian rata-rata

$$Lq = \frac{x^2}{2\mu(\mu-\lambda)} \quad (18)$$

- 2) Waktu menunggu dalam antrian

$$Wq = \frac{\lambda}{2\mu(\mu-\lambda)} \quad (19)$$

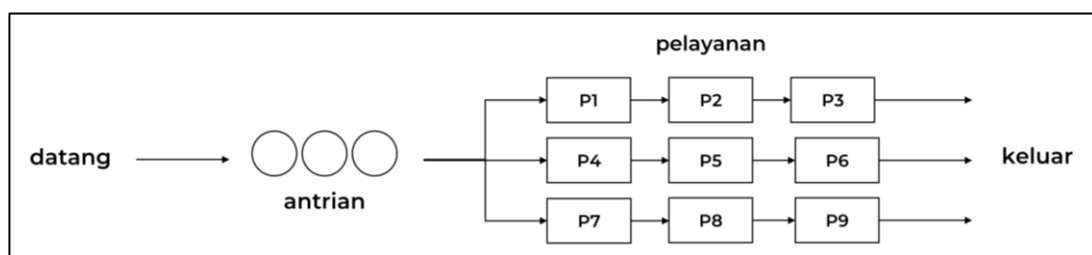
- 3) Jumlah pelanggan dalam sistem rata-rata

$$Ls = Lq + \frac{\lambda}{\mu} \quad (20)$$

- 4) Waktu tunggu rata-rata dalam sistem

$$Ws = Wq + \frac{L1}{\mu} \quad (21)$$

d. *Multiple Channel-Multiple Phase*



Gambar 4 *Multiple channel-multiple phase* (Kakiy, 2004)

Gambar 4 merupakan model antrian *Multiple Channel-Multiple Phase* yakni model antrian dengan lebih dari satu jalur pelayanan dan terdapat dua atau lebih tahap pelayanan yang dilakukan secara berurutan. Pada model antrian ini setiap sistem memiliki beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap sehingga terdapat lebih dari satu pelanggan yang dapat dilayani pada waktu bersamaan. Contoh penerapan model antrian ini yakni pada proses pelayanan kepada pasien di rumah sakit dimana para pasien yang berdatangan akan dilayani melalui beberapa loket dan beberapa tahapan seperti pendaftaran, diagnosa, penanganan medis hingga pembayaran. Contoh lain juga dapat kita jumpai pada proses pendaftaran serentak mahasiswa baru pada sebuah universitas. Terdapat beberapa rumus yang dapat digunakan untuk menghitung antrian dalam model antrian ini. Rumus tersebut dapat dilihat sebagai berikut:

- 1) Faktor pelayanan

$$X = \frac{T}{T+U} \quad (22)$$

- 2) Jumlah antrian rata-rata

$$L = N(1 - F) \quad (23)$$

- 3) Waktu tunggu rata-rata

$$W = \frac{L(T-U)}{N-L} = \frac{T(1-F)}{XF} \quad (24)$$

- 4) Jumlah pelayanan rata-rata

$$J = NF(1 - X) \quad (25)$$

- 5) Jumlah dalam pelayanan rata-rata

$$H = FNX \quad (26)$$

- 6) Jumlah populasi

$$N = J + L + H \quad (27)$$

dengan:

D = probabilitas sebuah unit harus menunggu di dalam antrian

F = faktor efisiensi

H = rata-rata jumlah unit yang sedang dilayani

J = rata-rata jumlah unit yang tidak berada dalam antrian

L = rata-rata jumlah unit yang menunggu untuk dilayani

M = jumlah jalur pelayanan

N = jumlah pelanggan potensial

T = waktu pelayanan rata-rata

U = waktu rata-rata antara unit yang membutuhkan pelayanan

W = waktu rata-rata sebuah unit menunggu dalam antrian

X = faktor pelayanan

## 2.6 Analisis Biaya Antrian

Menurut Anderson, dkk (2012) dua jenis biaya yang muncul akibat proses mengantri adalah biaya akibat pelanggan mengantri dan biaya akibat penambahan fasilitas pelayanan. Biaya akibat pelanggan mengantri dalam antrian berupa waktu yang hilang karena menunggu sedangkan biaya penambahan fasilitas pelayanan berupa infrastruktur fasilitas pelayanan serta gaji petugas. Tujuan dari analisis sistem antrian selain untuk menurunkan tingkat antrian dan waktu tunggu, juga untuk meminimalkan biaya total yang timbul akibat biaya karena mengantri dan biaya penambahan fasilitas pelayanan. Total biaya merupakan total biaya tunggu dan biaya jasa, yaitu:

$$E(Tc) = E(Cw) + E(Cs)$$

$$E(Tc) = L \times Cw + s \times Cs \quad (28)$$

dengan:

$E(Tc)$  : ekspektasi total biaya per periode tertentu

$E(C_w)$  : ekspektasi biaya menunggu

$E(C_s)$  : ekspektasi biaya penambahan fasilitas pelayanan

$C_w$  : biaya menunggu per unit waktu per pelanggan

L : rata-rata unit dalam sistem

$C_s$  : biaya penambahan fasilitas pelayanan

s : jumlah *server*

## 2.7 Sistem, Model, dan Simulasi

### 2.7.1 Sistem

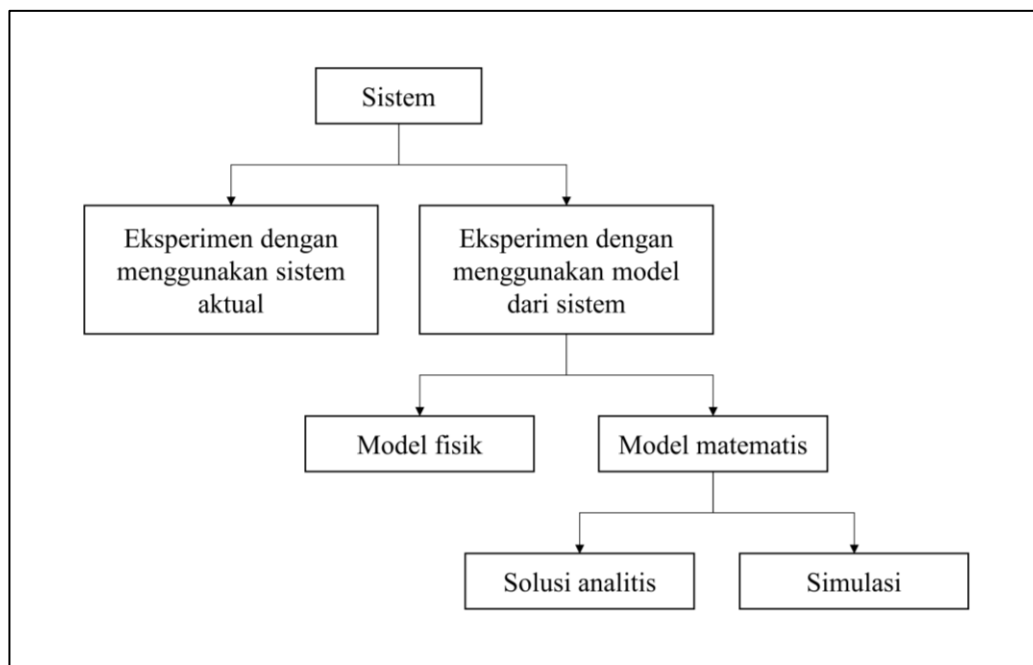
Sistem merupakan kumpulan objek misalnya orang atau mesin yang berperilaku dan berinteraksi satu sama lain guna mencapai tujuan yang logis. Dalam hal ini, sistem didefinisikan menjadi empat poin penting diantaranya (Miftahol, 2009):

- a. Adanya sekumpulan komponen/elemen
- b. Antar komponen/elemen saling berinteraksi
- c. Memiliki tujuan yang ingin dicapai
- d. Situasi dan kondisi sistem cenderung kompleks

Sistem memiliki komponen yang saling terkait diantaranya (Schmidt, 1970):

- a. *Entity*, yaitu objek amatan yang ada pada suatu sistem. *Entity* dapat bergerak, berpindah, memengaruhi ataupun dipengaruhi *entity* yang lain.
- b. *Attribute*, yaitu properti atau karakteristik yang melekat pada *entity*.
- c. *Activity*, yaitu kegiatan yang terjadi pada suatu sistem dan dapat membuat perubahan pada sistem tersebut.
- d. *Variable*, yaitu informasi yang menggambarkan beberapa karakteristik dari keseluruhan ruang lingkup sistem.
- e. *Resources*, yaitu sumber daya yang berfungsi untuk menampung dan memberikan *value added* pada *entity* dalam jumlah tertentu.
- f. *Control*, yaitu hal-hal yang mengendalikan sistem, seperti mengatur bagaimana, dimana, dan kapan *activity* pada sistem tersebut berjalan.

Menurut Law dan Kelton (1991), ada berbagai cara untuk mempelajari suatu sistem, diantaranya:



Gambar 5 Cara mempelajari sistem (Law & Kelton, 1991)

a. Eksperimen dengan sistem aktual vs Eksperimen dengan model sistem

Jika suatu sistem secara fisik memungkinkan dan tidak membutuhkan biaya yang besar untuk dioperasikan sesuai dengan kondisi (skenario) yang kita inginkan maka cara ini merupakan cara yang terbaik karena hasil dari eksperimen ini benar-benar sesuai dengan sistem yang dikaji. Namun sistem seperti itu jarang sekali ada dan penghentian operasi sistem untuk keperluan eksperimen akan membutuhkan biaya yang sangat besar. Selain itu untuk sistem yang belum ada atau sistem yang masih dalam rancangan maka eksperimen dengan sistem aktual jelas tidak bisa dilakukan sehingga satu-satunya cara adalah dengan menggunakan model sebagai representasi dari sistem aktual.

b. Model Fisik vs Model matematis

Model fisik mengambil dari sebagian sifat fisik dan hal-hal yang dawakilnya, sehingga menyerupai sistem yang sebenarnya namun dalam skala yang berbeda. Walaupun jarang dipakai, model ini cukup berguna dalam rekayasa sistem. Dalam penelitian, model matematis lebih sering dipakai jika dibandingkan dengan model fisik. Pada model matematis, sistem direpresentasikan sebagai hubungan logika dan hubungan kuantitatif untuk kemudian dimanipulasi supaya dapat dilihat bagaimana sistem bereaksi.



### c. Solusi analitis vs Simulasi

Setelah model matematis berhasil dirumuskan, model tersebut dipelajari kembali apakah model yang telah dikembangkan dapat menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan tujuan mempelajari sistem. Jika model yang dibentuk cukup sederhana maka relasi-relasi matematisnya dapat digunakan untuk mencari solusi analitis. Jika solusi analitis bisa diperoleh dengan cukup mudah dan efisien, maka sebaiknya digunakan solusi analitis karena metode ini mampu memberikan solusi yang optimal terhadap masalah yang dihadapi. Tetapi seringkali model terlalu kompleks sehingga sangat sulit untuk diselesaikan dengan metode-metode analitis, maka model tersebut dapat dipelajari dengan simulasi. Simulasi tidak menjamin memberikan hasil yang optimal melainkan dijamin bahwa hasilnya mendekati optimal.

### 2.7.2 Model

Model didefinisikan sebagai proses representasi sebuah sistem nyata yang ditunjukkan melalui hubungan antar komponen/elemen yang ada (Miftahol, 2009). Sistem nyata yang akan dimodelkan cenderung bersifat kompleks, oleh karenanya simplikasi dari masalah yang kompleks dapat dibenarkan, karena hanya ada beberapa informasi dari sistem yang relevan terhadap tujuan yang ingin dicapai. Agar model yang telah dibangun memiliki kesesuaian terhadap yang diinginkan perancang model, maka model perlu memiliki empat karakteristik dasar sebagai berikut:

- a. Model memiliki tingkat generalisasi yang tinggi, artinya semakin tinggi generalisasi dari sebuah model maka semakin baik model tersebut dalam menyelesaikan permasalahan.
- b. Model memiliki mekanisme yang transparan, artinya model mampu menjelaskan mekanisme pemecahan masalah tanpa ada yang disembunyikan.
- c. Model memiliki potensi untuk dikembangkan, artinya model yang dibangun mampu menarik minat peneliti, tidak hanya peneliti terkait untuk melanjutkan penelitiannya, namun juga mampu menarik peneliti lain untuk mengembangkan model tersebut ke arah yang lebih kompleks dan berdaya guna.

- d. Model memiliki sensitivitas terhadap perubahan asumsi, artinya model dapat dikatakan baik jika selalu memberi ruang bagi peneliti lainnya untuk menciptakan asumsi-asumsi baru.

### 2.7.3 Simulasi

Simulasi merupakan metode yang digunakan untuk meniru perilaku suatu sistem dan biasa melalui perangkat lunak komputer yang sesuai (Kelton & Sadowski, 2003). Menurut Helzer dan Render (2006) simulasi merupakan suatu percobaan untuk menduplikasi atau meniru karakteristik dari sistem nyata. Simulasi juga dapat didefinisikan sebagai suatu teknik untuk membuat model dan meniru operasi-operasi dari sistem nyata sehingga karakteristik dan perilaku dari sistem tersebut dapat dipelajari secara ilmiah dengan bantuan perangkat komputer serta dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu. Simulasi digunakan untuk membantu para manajer dalam memvisualisasikan perbaikan proses manufaktur sehingga memungkinkan untuk menghasilkan keputusan yang relevan terhadap permasalahan sistem nyata. Keuntungan dari penggunaan simulasi yakni untuk menghindari penggunaan biaya yang berlebihan, penghematan waktu, tenaga, serta tidak mengganggu sistem yang sudah berjalan. Menurut Law dan Kelton (1991) pada dasarnya model simulasi dikategorikan menjadi tiga dimensi yaitu:

- a. Model simulasi menurut sifat dan waktu (Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis)

Model simulasi statis merupakan representasi dari sistem nyata tanpa dipengaruhi oleh perubahan waktu. Model ini biasa dikenal dengan model simulasi Monte Carlo. Adapun model sistem simulasi dinamis merupakan representasi dari sistem nyata yang dipengaruhi oleh perubahan waktu (berubah sepanjang waktu). Contoh dari model simulasi dinamis adalah simulasi layanan perbankan yang buka dari jam 08.00-15.00.

- b. Model simulasi menurut ada tidaknya peubah acak (Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik/Probabilistik)

Jika model simulasi yang akan dibangun tidak memiliki variabel yang bersifat acak, maka model tersebut dikatakan sebagai model simulasi deterministik. Artinya model yang digunakan untuk memecahkan suatu persoalan berada pada

situasi yang pasti dimana keluaran telah dapat ditentukan saat masukan dan hubungan tertentu dimasukkan. Contoh dari simulasi deterministik adalah simulasi kedatangan pasien seorang dokter yang diatur jadwal pelayanannya. Adapun pada umumnya, sistem yang dimodelkan dalam simulasi memiliki beberapa masukan yang bersifat acak, maka sistem ini disebut dengan model simulasi stokastik/probabilistik. Contoh dari simulasi stokastik/probabilistik adalah waktu kedatangan pelanggan dan waktu antrian pelanggan.

- c. Model simulasi menurut perubahan status variabel (Model Simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskrit)

Model simulasi kontinu merupakan model simulasi dimana adanya perubahan variabel sistem secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu. Contohnya adalah simulasi populasi penduduk dan simulasi permukaan air saat tsunami. Sedangkan yang dimaksud dengan model simulasi diskrit adalah model simulasi dimana status variabelnya berubah pada satu waktu tertentu. Contohnya adalah simulasi pelayanan teller bank dimana jumlah pelanggan yang menunggu berubah secara diskrit dari waktu ke waktu.

Menurut Siagian (1987) dalam Margaret dkk., (2012), dalam melakukan simulasi terdapat lima langkah utama yang perlu dilakukan. Langkah-langkah yang dimaksud diantaranya:

- a. Menentukan sistem atau persoalan yang akan disimulasikan.
- b. Mengembangkan model simulasi yang akan digunakan.

Ada 5 langkah yang perlu diperhatikan:

- 1) Menentukan tujuan simulasi
  - 2) Menentukan variabel-variabel keadaan
  - 3) Memilih waktu yang tepat (fixed time atau variable time)
  - 4) Menggambarkan sifat gerakannya
  - 5) Mempersiapkan proses generator
- c. Menguji model dan membandingkan tingkah laku dari sistem nyata, setelah itu model simulasi diberlakukan.
  - d. Merancang percobaan-percobaan simulasi.
  - e. Menjalankan simulasi dan menganalisis data.

## 2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai bahan referensi yang memiliki permasalahan sejenis yang akan diangkat pada penelitian ini. Penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Penelitian terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Metode	Objek	Hasil
1.	Rahmad Inca Liperda, Pramesti Adwinda Dianisa, Aulia Izzatunisa, Fera Dianita Utami, Marlene Hibatullah (2022)	Simulasi Optimasi Antrian Truk Pada Proses Loading Sembako Gudang PT. XYZ	Simulasi	Gudang PT. XYZ	Hasil menunjukkan bahwa jumlah truk angkut yang dapat dilayani dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah <i>dock door</i> . Berdasarkan percobaan simulasi optimasi, penelitian ini mengusulkan 32 <i>dock door</i> untuk melayani kegiatan <i>loading</i> sembako di gudang PT. XYZ yang dapat mengurangi waktu rata-rata pelayanan truk Fuso dan truk CDD masing-masing sebesar 76.3 menit dan 73.45 menit. Selain itu, utilitas di <i>parking line</i> 1 dapat berkurang hingga 9.2 % dan 48.39 % di <i>parking line</i> 2.
2.	Agustinus L. Suban, Sesilia Margaretha Itu, Regina Nagen, Yosita Mbangga Rai Le'o (2021)	Analisis Sistem Antrian Pembayaran Registrasi Mahasiswa Dengan Model Antrian <i>Single Channel Single Phase</i> Pola M/M/1	Analitis (Teori Antrian)	Loket Pembayaran Universitas Nusa Nipa	Hasil penelitian menunjukkan bahwa probabilitas tidak ada antrian dalam sistem sebesar 0,586, tingkat kesibukan pelayanan pada jam sibuk 185,76. Peneliti mengusulkan untuk mencegah antrian pada jam sibuk, maka dibutuhkan secara ideal 3 loket registrasi.
3.	Wahyu Bagas Laksana, Atik Febriani, Dina Rachmawaty (2021)	Pemodelan dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Server Terhadap Pelanggan Percetakan XYZ Menggunakan Arena	Simulasi (Simulasi <i>Single Channel Multi Phase</i> )	Percetakan XYZ	Dari hasil simulasi diperoleh solusi yakni untuk mengurangi waktu antrian dan memaksimalkan pelayanan adalah dengan menambah satu loket di masing-masing server.

Lanjutan Tabel 2 Penelitian terdahulu

4.	Wulan Tamara, Nurviana, Amelia (2021)	Analisis pada Syariah Cabang Langsa	Antrian Pegadaian Kantor	Analitis (Teori Antrian)	Pegadaian Syariah Kantor Cabang Langsa	Hasil analisis menunjukkan struktur antrian <i>Single Channel Single Phase</i> yang diperoleh adalah waktu terpanjang nasabah untuk menunggu antrian yaitu 5 menit dan struktur antrian <i>Single Channel Multi Phase</i> yang diperoleh adalah waktu terpanjang nasabah untuk menunggu antrian yaitu 8 menit pada pelayanan pertama, 27 menit pada pelayanan kedua.
5.	Hasanuddin, Eduart Wolok, Jamal Darussalam Giu, Nanang Sugianto (2023)	Analisis Antrian Tiket di Penyeberangan Gorontalo Menggunakan Aplikasi Promodel	Sistem Pembelian Pelabuhan	Simulasi (Simulasi <i>Single Channel Multi Phase</i> )	Loket Pelabuhan Penyeberangan Gorontalo	Hasil simulasi menunjukkan <i>report</i> tingkat kesibukan pada loket administrasi sebesar 22,17%, validasi vaksin 58,02% dan loket pembelian tiket 92,30% dengan rata-rata waktu pelayanan pada loket administrasi sebesar 1,90 penumpang dalam 1 menit, validasi vaksin 0,84 penumpang dalam 1 menit, dan loket pembelian tiket 1,02 penumpang dalam 1 menit.

Liperda dkk., (2022) melakukan penelitian mengenai Simulasi Optimasi Antrian Truk Pada Proses Loading Sembako Gudang PT. XYZ yang bertujuan untuk meminimasi waktu truk angkut pada proses *loading* sembako di gudang PT. XYZ menggunakan metode simulasi optimasi. Hasil menunjukkan bahwa jumlah truk angkut yang dapat dilayani dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah *dock door*. Berdasarkan percobaan simulasi optimasi, penelitian ini mengusulkan 32 *dock door* untuk melayani kegiatan *loading* sembako di gudang PT. XYZ yang dapat mengurangi waktu rata-rata pelayanan truk Fuso dan truk CDD masing-masing sebesar 76.3 menit dan 73.45 menit. Selain itu, utilitas di *parking line* 1 dapat berkurang hingga 9.2 % dan 48.39 % di *parking line* 2.

Suban dkk., (2021) melakukan penelitian mengenai Analisis Sistem Antrian Pembayaran Registrasi Mahasiswa Dengan Model Antrian *Single Channel Single*

*Phase* Pola M/M/1. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur model optimasi sistem antrian dengan menggunakan pola kedatangan dan pola pelayanan kepada mahasiswa di loket pembayaran. Dari hasil penelitian terlihat bahwa probabilitas tidak ada antrian dalam sistem sebesar 0,586, tingkat kesibukan pelayanan pada jam sibuk 185,76. Peneliti mengusulkan untuk mencegah antrian pada jam sibuk, maka dibutuhkan secara ideal 3 loket registrasi.

Laksana dkk., (2021) melakukan penelitian mengenai Pemodelan dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Server Terhadap Pelanggan Percetakan XYZ Menggunakan Arena. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan suatu solusi perbaikan untuk meminimasi waktu antrian dan memaksimalkan jumlah pelanggan yang dapat dilayani. Dari hasil simulasi diperoleh solusi yakni untuk mengurangi waktu antrian dan memaksimalkan pelayanan adalah dengan menambah satu loket di masing-masing server.

Tamara, Nurviana, & Amelia (2021) melakukan penelitian mengenai Analisis Antrian pada Pegadaian Syariah Kantor Cabang Langsa. Penelitian ini bertujuan untuk melihat rata-rata waktu pelayanan, mengetahui kinerja sistem antrian, dan menganalisis model antrian yang diterapkan. Pada hasil analisis struktur antrian *Single Channel Single Phase* model yang diperoleh adalah waktu terpanjang nasabah untuk menunggu antrian yaitu 5 menit dan struktur antrian *Single Channel Multi Phase* model yang diperoleh adalah waktu terpanjang nasabah untuk menunggu dalam antrian yaitu 8 menit pada pelayanan pertama, 27 menit pada pelayanan kedua.

Hasanuddin dkk., (2023) melakukan penelitian mengenai Analisis Sistem Antrian Pembelian Tiket di Pelabuhan Penyeberangan Gorontalo Menggunakan Aplikasi Promodel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu antrian dan kinerja pelayanan pada pembelian tiket di Pelabuhan Penyeberangan Gorontalo. Dari hasil simulasi didapatkan *report* tingkat kesibukan pada loket administrasi sebesar 22,17%, validasi vaksin 58,02% dan loket pembelian tiket 92,30% dengan rata-rata waktu pelayanan pada loket administrasi sebesar 1,90 penumpang dalam 1 menit, validasi vaksin 0,84 penumpang dalam 1 menit, dan loket pembelian tiket 1,02 penumpang dalam 1 menit.

## 2.9 Posisi Penelitian

Tabel 3-Posisi penelitian

No.	Judul	Metode Pendekatan		Objek				Tujuan			
		Simulasi	Analitis	Jembatan Timbang	Loket	Percetakan	Gudang	Analisis Kinerja Pelayanan	Analisis Biaya Pelayanan Optimal	Minimasi Tingkat Antrian & Waktu Tunggu	Perbaikan Proses Pelayanan
1.	Simulasi Optimasi Antrian Truk Pada Proses Loading Sembako Gudang PT. XYZ (2022)	√					√	√		√	
2.	Analisis Sistem Antrian Pembayaran Registrasi Mahasiswa Dengan Model Antrian <i>Single Channel Single Phase</i> Pola M/M/1 (2021)		√		√			√	√		√
3.	Pemodelan dan Simulasi Sistem Antrian Pelayanan Server Terhadap Pelanggan Percetakan XYZ Menggunakan Arena (2021)	√				√		√			√

Lanjutan Tabel 3 Posisi penelitian

No.	Judul	Metode Pendekatan		Objek			Tujuan			
		Simulasi	Analitis	Jembatan Timbang	Loket	Percetakan Gudang	Analisis Kinerja Pelayanan	Analisis Biaya Pelayanan Optimal	Minimasi Tingkat Antrian & Waktu Tunggu	Perbaikan Tahap Pelayanan
4.	Analisis Antrian pada Pegadaian Syariah Kantor Cabang Langsa (2021)		√		√		√		√	
5.	Analisis Sistem Antrian Pembelian Tiket di Pelabuhan penyeberangan Gorontalo Menggunakan Aplikasi Promodel (2023)	√			√		√		√	
6.	Rekayasa Ulang Proses Bisnis <i>Loading Unloading</i> Bahan Klinker untuk Meminimasi Antrian Pada Jembatan Timbang PT XYZ	√	√	√			√	√	√	√